

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3824441 A1**

②① Akt nz ich n: P 38 24 441.1
②② Anmeldetag: 19. 7. 88
④③ Offenlegungstag: 25. 1. 90

⑥① Int. Cl. 5:
G01V 9/04
G 01 B 9/021
F 41 H 11/12
G 03 H 1/04

DE 3824441 A1

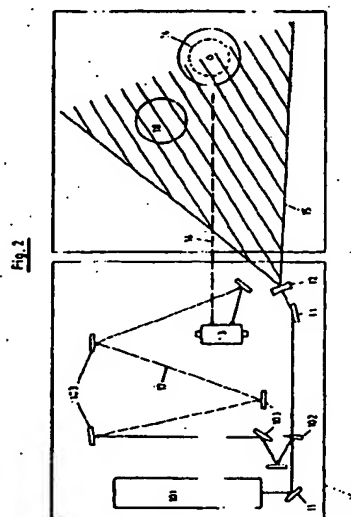
⑦① Anmelder:
Jastram-Werke GmbH & Co KG, 2050 Hamburg, DE

⑦④ Vertreter:
Richter, J., Dipl.-Ing.; Gerbaulet, H., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 2000 Hamburg

⑦② Erfinder:
Hoogen, Norbert, Dr.-Ing., 2056 Glinde, DE

⑤④ **Verfahren und Vorrichtung zur Identifikation bzw. Sichtbarmachung von Minen und der Erdoberflächenkontur**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Identifikation von Landminen. Insbesondere um Minen passiv und für die Vorrichtung verschleißfrei sichtbar zu machen, wird vorgeschlagen, ein laserinterferometrisches Hologramm fototechnisch oder mittels einer Datenverarbeitung aufzuzeichnen bzw. zu speichern. Vorzugsweise wird zusätzlich der Erdboden extern zu mechanischen Schwingungen angeregt, wobei die Schwingungswellen sich an der Mine und im Erdreich verschieden schnell ausbreiten. Im Vergleich zum Ruhezustand kann die unterschiedliche Ausbreitung in einem Hologramm durch Vergleich der Interferenzlinien meßtechnisch erfaßt werden (Fig. 2).



DE 3824441 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Identifikation bzw. Sichtbarmachung von Erdoberflächen nach verlegten Landminen und der Erdoberflächenkontur.

Die Landmine ist ein aktives Hindernis, um eine gegnerische Bewegung aufzuhalten, zu verzögern oder unmöglich zu machen. Sie wird auch in Zukunft immer ein wichtiges Element der Kampfunterstützung sein. Durch den Einsatz von Elektronik ist nicht nur die Zuverlässigkeit, sondern auch die Wirksamkeit der Minen verbessert worden.

Nach dem Stand der Technik sind verschiedene Arten von mechanischen Minenräumsystemen, wie Minenpflüge und/oder Minenwalzen, aber auch explosive Minenräumsysteme bekannt. Traditionelle Systeme, wie z.B. Sprengladungen, Sprengschnüre und -teppiche werden zunehmend ergänzt und teilweise sogar ersetzt durch Kraftstoff-Luft-Explosivsysteme (FAE-Systeme). Letztere können bereits über 90% aller bekannten Minen mit Druckzünder neutralisieren. Jedoch sind auch FAE-resistente Minen bekannt.

Moderne Minen sind weitaus schwieriger zu räumen, als dies bei den derzeit benutzten Minen mit Druckzünder der Fall ist. Eine integrierte Aufnahmesperre, die im Bedarfsfall auch abschaltbar ist, verhindert ein einfaches Räumen. Seismische Sensoren schließen das Aufnehmen der Minen von Hand aus. Ein zur Räumung künstlich erzeugtes elektromagnetisches Feld bleibt ohne Wirkung, wenn vorher nicht der richtige Wecksensor angesprochen worden ist. Auch pyrotechnische Räummittel haben gegen moderne Minen kaum noch eine Wirkung, da diese eine hohe Widerstandsfähigkeit gegen An- und Übersprengen haben.

Solche plötzlichen und kräftigen Lageveränderungen, wie sie detonierender Sprengstoff erzeugt, werden von einer bei Landminen eingebauten Schocksperre aufgefangen und die Detonation wird dadurch verhindert. Mechanische Räummittel, wie Roller und Schlagketten wirken dagegen nur gegen Drucksensoren und können Minen mit Sensorenkombinationen allenfalls zerstören, wobei jedoch eine hohe Risikorate bestehen bleibt. Diese Räummittel sind aber nicht nur sehr langsam und schwerfällig, sondern nach einer bestimmten Anzahl von Minendetonationen auch verschlissen. Die wirkungsvollste Räummethode besteht in der Entfernung des verminten Erdreiches in der gesamten Fahrzeugbreite, indem Erde und Minen nach vorne und seitwärts geschleudert und somit aus dem Weg geräumt werden. Jedoch ist hierzu nicht nur ein hoher technischer Aufwand erforderlich, sondern die Räumgeschwindigkeit ist auch relativ niedrig.

Zu den nach dem Stand der Technik noch sichersten, aber auch besonders gefährlichen und zeitaufwendigen Räummethoden gehört die Verwendung einzelner Schlagladungen, die von Hand direkt auf oder an die Mine gelegt werden. Diese Räumtechnik ist jedoch für das rasche Überwinden von Minensperren gänzlich ungeeignet.

Nach dem Stand der Technik sind auch sogenannte intelligente Landminen bekannt, die mit den herkömmlichen Mitteln nicht gefunden bzw. beseitigt werden können. Diese Art von Landminen besteht aus sehr schwer detektierbaren Materialien, wie z.B. Nichtmetallen, Kunststoffen od.dgl., wobei die Minen unter Umständen zur Tarnung mit ortsüblichen Stoffen überdeckt sind, so beispielsweise mit Pflanzenteilen, Erdmaterial od.dgl.

Auch durch den Einsatz von Mikroelektronik im Bereich des Zündmechanismus nimmt "die Intelligenz der Landminen" zu, so daß traditionelle Mittel bei der Minenräumung versagen. Selbst durch ein flächendeckendes Ansprengen mit Hilfe von Sprengschnüren, Sprengteppichen oder Kraftstoff-Luft-Explosionssystemen lassen sich "intelligente Landminen" nicht immer sicher beseitigen.

Die einzige konventionelle Problemlösung scheint darin zu bestehen, daß mit üblicher Geschossmunition durch systematisches flächendeckendes Beschießen jede vorhandene Landmine getroffen und durch Zünden des Zündmechanismus zur Detonation gebracht wird. Abgesehen davon, daß aus logistischen und auch aus Kosten-Gründen eine derartige Methode undurchführbar ist, müßten die Minen zunächst erkannt bzw. sichtbar gemacht werden.

Nach der DE-A-33 35 464 ist ein Minenräumfahrzeug zum Räumen von Landminen mit an einem gepanzerten Fahrzeug angeordneten Greifwerkzeugen zum Erfassen und Beseitigen der Landminen aus dem Räumreich des Fahrzeuges bekannt. Die Greifwerkzeuge bestehen dabei aus einem Flüssigkeitsstrahl, vorzugsweise aus einem Wasserstrahl, die nebeneinander aus Flüssigkeitsstrahldüsen ausströmen und mit denen nach Art der Zinken eines Rechens der zu räumende Bodenbereich in kämmender Weise beaufschlagt wird. Hierbei werden die Flüssigkeitsstrahldüsen ständig so geschwenkt, daß ein zunächst senkrecht in den Boden eindringender Flüssigkeitsstrahl nach vorne geführt wird worauf nach einem Schwenkwinkel von weniger als 90° der Flüssigkeitsstrahl abgestellt wird und die Flüssigkeitsstrahldüse wieder senkrecht zum Boden geschwenkt wird, um den Boden wieder erneut mit einem nach vorn wandernden Flüssigkeitsstrahl zu durchschneiden.

Nachteiligerweise setzt ein derartiges Minenräumsystem voraus, daß eine ausreichende Menge einer Flüssigkeit, z.B. Wasser, zur Verfügung steht. Das Minenräumfahrzeug muß daher einen Vorratsbehälter zur Aufnahme der Flüssigkeit besitzen oder zumindest ein zusätzliches Fahrzeug mit einem solchen Behälter hinter sich herziehen, welches einen ausreichenden Flüssigkeitsvorrat mit sich führt. Diese zusätzlichen Einrichtungen machen das Minenräumfahrzeug schwerfällig; hinzu kommt, daß der Flüssigkeitsverbrauch sehr groß ist, um wirksam im Erdreich verlegte Bodenminen zu bekämpfen. Hierdurch wird das Räumen von Minen unwirtschaftlich und umständlich und setzt im übrigen Möglichkeiten voraus, die notwendige Flüssigkeit nachzutanken bzw. vorhandene Vorratsbehälter mit Wasser erneut aufzufüllen. Befinden sich im Wirkungsbereich des Minenräumfahrzeuges keine Wasserstellen, dann ist ein Nachtanken nicht möglich. Eine Minenräumung in wasserlosen Gegenden ist mit einem derartigen Minenräumfahrzeug praktisch ausgeschlossen, denn Operationsausgangspunkt derartiger Minenräumfahrzeuge ist oftmals eine in großer Entfernung liegende Basisstellung, zu der dann ein derartiges Minenräumfahrzeug zurückkehren muß, um Wasser nachzutanken zu können. Hinzukommt, daß das Operieren in wasserlosen Gegenden schon dadurch mit Schwierigkeiten verbunden ist, daß aufgrund von Wassermangel die für das Räumen von Minen mit einem Wasserstrahl erforderlichen Wassermengen gar nicht zur Verfügung stehen und auch nicht herantransportiert werden können. Der Einsatzbereich eines mit einem Flüssigkeitsstrahl arbeitenden Minenräumfahrzeuges ist hiernach sehr begrenzt. Hin-

zu kommt, daß eine wirksame Minenbekämpfung nur dann möglich ist, wenn der Flüssigkeitsstrahl zunächst senkrecht in den Boden zum Eindringen gebracht wird und dann daraufhin durch entsprechende Schwenkbewegung nach vorne über das vermintte Feld geführt wird. Trifft bereits ein senkrecht in den Boden eindringender Flüssigkeitsstrahl auf eine Bodenmine und wird diese zur Detonation gebracht, dann werden die Greifwerkzeuge, die mit den Flüssigkeitsstrahldüsen versehen sind, zerstört oder beschädigt. Zur Vermeidung einer Beschädigung der Greifwerkzeuge durch detonierende Minen ist bei diesem Minenräumfahrzeug zwischen den Flüssigkeitsstrahldüsen und der Fahrzeugfront noch ein zusätzliches gepanzertes Schild angeordnet, wodurch das Fahrzeuggewicht wesentlich erhöht wird.

Das Räumen von Minen mit einem Flüssigkeitsstrahl ist auch nicht wirksam durchführbar. Bereits durch Schotter oder eine Vielzahl von kleinen Steinen wird der auf das Erdreich gerichtete Flüssigkeitsstrahl abgelenkt und aufgefächert, so daß er keine ausreichende Wirkung mehr hat; der Flüssigkeitsstrahl kann nur wirken, wenn er fokussiert und mit hohem Druck auftrifft. Nachteiligerweise wird durch den Einsatz eines Flüssigkeitsstrahles das Erdreich aufgewühlt, wobei Minen freigelegt oder auch durch das aufgewühlte Erdreich noch zusätzlich abgedeckt werden können, so daß bereits durch Erdreichanhäufungen im Boden überdeckte Minen zusätzlich mit einer weiteren Erdschicht überdeckt werden, wodurch ein Erfassen und eine Neutralisation der Minen erschwert wird. Schließlich ist ein Flüssigkeitsstrahl nur auf relativ geringer Entfernung aktiv einsetzbar, da er bei größeren Entfernungen aufgefächert wird und keine ausreichende Druckwirkung mehr entfaltet, um im Erdreich vergrabene Bodenminen zu erfassen und zur Detonation zu bringen.

In der DE-A-21 21 089 wird ein Gerät zum Räumen von Landminen beschrieben, das ein oder mehrere Strahltriebwerke bzw. Strahldüsen zur unmittelbaren oder mittelbaren Vernichtung oder Beseitigung von Minen verwendet. Dieses Gerät erzeugt einen heißen Gasstrahl, durch den der Boden erodiert und die ausgelegten Minen durch den Gasdruck und die dabei entstehenden hohen Temperaturen zerstört bzw. unbrauchbar gemacht oder zur Detonation gebracht oder zur Seite geschleudert werden sollen, um so eine minenfreie Gasse durch das Minenfeld zu schaffen. Gegenüber solchen Bodenminen, die weder auf Temperatur noch auf Druck reagieren, sind die mit einem Gasstrahl arbeitenden Minenräumgeräte jedoch wirkungslos. Offenbar ist das Räumen von Minen mit einem heißen Gasstrahl auch nicht so wirkungsvoll, denn die intermittierend arbeitenden Strahltriebwerke bzw. Strahldüsen werden zur selbständigen Fortbewegung eines Springhammers eingesetzt, durch dessen Eigengewicht der Boden abgeklöpft wird, um Minen zur Detonation zu bringen. Die Strahltriebwerke müssen, um wirksam arbeiten zu können, in geringem Abstand über der Erdoberfläche geführt werden, was die Gefahr einer Beschädigung der Strahltriebwerke bei einer plötzlichen Detonation einer aufgespürten Mine mit sich bringt. Aus diesem Grunde sind an dem Minenräumfahrzeug auch weitere zusätzliche Einrichtungen vorgesehen, mittels der die Strahltriebwerke vor dem Räumfahrzeug angeordnet sind, wodurch sich jedoch nachteiligerweise das Eigengewicht des Fahrzeuges wesentlich erhöht.

Insgesamt sind Minenräumgeräte, die mit einem Flüssigkeitsstrahl oder in einem Gasstrahl arbeiten, in ih-

rem Wirkungsbereich beschränkt und nur bei solchen im Erdreich verlegten Minen brauchbar, die auf Druck oder Temperatur reagieren. Intelligente Minen können auch durch die letztgenannten Minenräumgeräte nicht aufgefunden bzw. beseitigt werden, insbesondere ist ihr Zündmechanismus auch so ausgebildet, daß sie auf die konventionellen Mittel erst gar nicht ansprechen.

In der FR-A-24 15 792 wird zur Entschärfung von Munition vorgeschlagen, bei bereits aufgefundenen Minen zur Entschärfung der Munition den Initialsprengstoff des Zünders des Sprengkopfes zu zerstören. Mit diesem Verfahren soll die Munition entschärft werden, ohne daß die Munition selbst zerstört wird. Um dies zu erreichen, bedarf es der Einhaltung besonderer Maßnahmen, die darin bestehen, daß die zu entschärfende Munition so zur Laufrichtung des Laserstrahles angeordnet sein muß, daß der Laserstrahl quer durch die Struktur des Geschoßkopfes läuft, d.h. es wird ein fokussierter Laserstrahl nur auf den Zünder der Munition gerichtet und hierbei werden lediglich die bei der Lasermetallbearbeitung bekannten Erkenntnisse angewandt. Die Laserstrahlung wird vom Zündkopf absorbiert und die dabei entstehende Wärme als Prozeßwärme zur Zerstörung des Zündkopfes und zur Zündung des Sprengstoffes eingesetzt. Zum Auffinden bzw. Zünden von solchen Minen, die durch eine Erdschicht geschützt sind, ist das Verfahren jedoch ungeeignet, da die Laserstrahlung vom Erdreich nicht hinreichend gut absorbiert und weitergeleitet wird, so daß die vom Aufschneiden des Zündkopfes bzw. Sprengen des Zündkopfsprengstoffes erforderliche Temperatur nicht erreicht wird.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, mit dem bzw. der Minen einschließlich solcher, die durch Erdanhäufungen überdeckt sind, aufgefunden bzw. sichtbar gemacht werden können, ohne daß die Minen zur Detonation gebracht und/oder Erdreich weggeräumt werden muß. Insbesondere sollen das Verfahren und die Vorrichtung einfach handhabbar, zuverlässig und wirtschaftlich sein.

Die Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Verfahren dadurch gelöst, daß ein laserinterferometrisches Hologramm fototechnisch oder mittels einer Datenverarbeitung aufgezeichnet und/oder gespeichert wird.

Unter einem Hologramm versteht man ein dreidimensionales, räumliches Interferenzbild, das mittels eines Lasers erzeugt wird. Das Prinzip beruht darauf, daß ein mit kohärentem Licht bestrahlter, vor einer reflektierenden Fläche liegender Körper Kugelwellen zurückstreut, die mit den an der Reflexionsfläche zurückgeworfenen Wellen interferieren. Bringt man eine fotografische Platte oder einen anderen Hologrammspeicher in die Interferenzzone, so nimmt diese die aus der Optik bekannten Interferenzbilder auf. Bestrahlt man nach dem Entwickeln die Fotoplatte mit demselben Laserlicht, so kann der die Kugelwellen aussendende Gegenstand räumlich sichtbar gemacht werden. Das Verfahren wird als Holographie bezeichnet und inzwischen in anderen Bereichen verwendet. So wird Interferometrie mit Holographie zur Darstellung von Dichteschwankungen in ein m durchsichtigen Medium sowie zur Untersuchung von Schwingungen sowie zur Längen- und Geschwindigkeitsmessung, z.B. bei Werkzeugmaschinen, verwendet (vgl. VDI-Z Bd.128(1986) Nr.9-Mai, S.321 bis 326). Das Hologramm kann entweder auf einer Fotoplatte, auf geeignetem Filmmaterial oder auf Videoband gespeichert werden. Im Rahmen

der Erfindung ist es möglich, das erzeugte Hologramm auf der Fotoplatte, auf geeignetem Filmmaterial oder auf Videoband zu speichern. Gleichmaßen kann eine andere Darstellung gewählt werden, die ein permanent erstelltes Hologramm ständig auf einem Bildschirm(Monitor) zur Verfügung stellt. Bei einem Dauer-Laser ist dies ohne weiteres möglich, jedoch sind solche Laser in der Regel nicht leistungsstark genug, um den mit Minen belegten Boden hinreichend tief zu durchleuchten. Daher werden die leistungsstärkeren Puls-laser, insbesondere Rubin- oder NdYAG-Laser bevorzugt (Ansprüche 8, 9). Insbesondere bei Verwendung dieser Laser ist es zweckmäßig, das Hologrammspeichermedium taktweise zu belichten, und zwar nach einer Weiterbildung in einer solch hohen Taktfrequenz, daß eine Echtzeitbeobachtung oder Quasiechtzeitbeobachtung des Hologrammobjektes möglich ist (Ansprüche 2, 3). Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße Vorrichtung beruhen darauf, daß zwischen der Mine (bzw. dem Metallgehäuse) und dem Erdbereich große Dichtunterschiede bestehen, die eine sichere Identifizierung der Minen ermöglichen. Gleichzeitig wird die Erdbodenstruktur deutlich gemacht, d.h. der Ort, insbesondere die Tiefe, in der die Mine liegt, wird deutlich identifiziert.

Die besonderen Vorzüge des Verfahrens und der Vorrichtung liegen in der passiven Arbeitsweise. Die Vorrichtung arbeitet zudem verschleißfrei, d.h. es tritt keine mechanische Abnutzung von Räummitteln wie beim Abtragen von mit Minen durchsetztem Erdbereich ein. Die Mine wird nicht aktiviert, die Identifizierung kann aus sicherer Entfernung oder sogar ferngesteuert in dem zu untersuchenden Gebiet durchgeführt werden.

Nach einer Weiterbildung der Erfindung wird der Erdboden extern zu mechanischen Schwingungen angeregt. Vorzugsweise werden harmonische oder auch Kurzzeit-Schwingungen durch einen mechanischen Impuls bzw. eine Impulsfolge ausgelöst. Hierbei wird die Oberflächenveränderung durch den Wellenverlauf sowie der an der Mediumsänderung stattfindenden Störung in dem Hologramm festgehalten. Das Hologramm kann die Außenkonturen bzw. die Grenzkonturen des starken Dichtewechsels durch Verschiebung der Interferenzstreifen darstellen, wie dies z.B. bei der holografischen Untersuchung von Schwingungen an Werkzeugmaschinen bereits angewendet wird.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht aus der im Prinzip nach dem Stand der Technik bekannten laserinterferometrischen Anordnung mit einem Laser, einem Strahlteiler und mindestens einem Spiegel und besitzt eine Aufweitungslinse im zum Meßobjekt führenden Strahlengang und ein Hologrammspeichermedium. Die Aufweitungslinse dient dazu, um den scharf gebündelten Strahl derart aufzuweiten, daß eine sich aus der Aufweitung ergebende Fläche untersucht bzw. beobachtet werden kann.

Aus Intensitätsgründen wird nach einer Weiterbildung der Erfindung ein Puls-Laser, vorzugsweise ein Rubin- oder NdYAG-Laser verwendet. Um Interferenzen zu ermöglichen, wird dazu der Referenzstrahlweg mittels einer entsprechend großen Anzahl von Spiegeln entsprechend dem Meßstrahlweg gebildet, damit der Meß- und der Referenzstrahl gleiche Laufzeiten aufweisen.

Wie bereits oben erwähnt, kann zusätzlich ein mit dem Erdboden kontaktierbarer Impulsgeber zur Schwingungserzeugung vorgesehen sein.

In einer komfortableren und leicht verständlicheren

Darstellung wird das Hologramm in einem grafikfähigen Mikrocomputer mit einem Plotter in einer dreidimensionalen Darstellung dargestellt bzw. mit einem Rechner verarbeitet.

Vorzugsweise ist die Vorrichtung mobil ausgestaltet und besitzt einen Geschwindigkeitsmesser, der mit dem Mikrocomputer (Rechner) gekoppelt ist, damit zuverlässige Entfernungangaben möglich sind.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und soll im folgenden näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht der laserinterferometrischen Anordnung, des Impulsgebers und des Strahlenverlaufes in einer Seitenansicht,

Fig. 2 dieselbe Anordnung in einer Draufsicht,

Fig. 3 einen Ausschnitt entsprechend Fig. 1 mit zusätzlicher Darstellung der interferierenden Schwingungen und

Fig. 4 eine entsprechende Darstellung nach Fig. 3 in Draufsicht.

Die laserinterferometrische Anordnung 10 besteht aus einem Laser 101, dessen Strahl bzw. Strahlbündel zunächst auf einen ersten Umlenkspiegel 11 trifft und von dort aus auf einen Strahlteiler 102 geleitet wird. Dieser teilt den ausgesandten Strahl in einen Meßstrahl 15 sowie einen Referenzstrahl 17 auf, wobei der Meßstrahl von einem weiteren schwenkbaren Umlenkspiegel 11 auf eine Aufweitungslinse 12 geworfen wird, die ein divergentes Strahlenbündel 15 erzeugt, das in Richtung auf den zu untersuchenden Erdboden 19 gerichtet ist. Der vom Strahlteiler 102 abgeleitete Referenzstrahl 17 wird von mehreren Spiegeln 103 mehrfach reflektiert, wobei der Referenzstrahlweg dem Hin- und Rückweg des Meßstrahles 15 entspricht, damit der vom Meßobjekt, der Mine 18 bzw. dem Erdboden 19 reflektierte Objektstrahl 16 mit dem Referenzstrahl 17 interferieren kann. Das Interferenzbild wird von einer Fotoplatte 13 als Hologrammspeichermedium aufgenommen. Anstelle der Fotoplatte 13 kann selbstverständlich auch ein Videoband oder ein anderer geeigneter optischer Meßwertaufnehmer angeordnet sein, der mit einem nicht dargestellten Mikrocomputer, einem Plotter und/oder einem Bildschirm ausgestattet ist. Ist die Meßvorrichtung mobil ausgerüstet, besitzt sie vorzugsweise einen (nicht dargestellten) Geschwindigkeitsmesser, dessen Geschwindigkeitswerte in Verbindung mit den Ausgangswerten zur Standortbestimmung verarbeitet werden. Zusätzlich ist ein Impulsgeber 14 vorgesehen, der kontinuierlich oder in vorgebbaren Zeitabständen mechanische Impulse auf den Erdboden 19 sendet. Wie bereits oben angesprochen, ist der ausleuchtbare Bereich eines Untersuchungsabschnittes im wesentlichen durch die zur Verfügung stehende Laser-Energie bestimmt. Als Anhaltswert kann davon ausgegangen werden, daß für eine Ausleuchtung von ca. einem Quadratmeter Erdoberfläche bei Tageslicht mehrere Mega Joule Laser-Energie erforderlich sind.

Das dargestellte Verfahrensprinzip beruht auf einer mechanischen Anregung des Erdbodens 19 und auf der holografischen Beobachtung der Erdoberfläche und einer Speicherung dieser Beobachtung durch fototechnische Hilfsmittel. Die Laufstreckendifferenz des Referenzstrahles und des Meß-/Objektstrahles ist in geeigneter Weise zu wählen; die Belichtungszeit ist in entsprechender Weise darauf abzustimmen. Durch das Einbringen der mechanischen Störung, sei es durch eine harmonische Schwingung oder einen Impuls, wird das Abbild der Erdoberfläche vom ersten zum zweiten Bild

auf der Fotoplatte sich um die Wellenausbreitungsbe-
wegung verändert haben. Diese Veränderung läßt sich
durch Verschiebung der Interferenzstreifen meßtech-
nisch erfassen.

Die Erdoberflächenmanipulation durch mechanische 5
Störungen löst eine Oberflächenwelle 20 aus, die auf
verschiedene Medien, nämlich den Erdboden 19 und die
Mine 18, verschieden gebrochen wird und sich dementspre-
chend verschiedenartig ausbreitet. Fig. 3 und Fig. 4
zeigt die unterschiedliche Wellenausbreitung in der Mi- 10
ne 18 und dem Erdboden 19. Der Meßstrahl 15 ist durch
parallele Linien dargestellt, welche die Wellenausbrei-
tung deutlich machen sollen. Die Dichteänderung des
Erdbodens relativ zum Minenwerkstoff mit der verän-
derten Wellenausbreitung wird in einem Hologramm 15
sichtbar gemacht in der Form, daß die Interferenzstreifen
nicht konzentrisch vom Erreger aus weiterlaufen,
sondern durch den Dichteunterschied (die Mine als
Störkörper) an dieser Stelle gestört werden. Die Stö- 20
rung läuft exakt entlang den äußeren Körperkonturen
des Störkörpers 18, wodurch bei geeigneter Wahl der
Belichtungszeit, der Lautzeit der Oberflächenwelle 20,
des Erregermodus (dem Impuls oder der harmonischen
Schwingung des Impulsgebers 14) die Konturen der in 25
dem Erdboden 19 eingebrachten Mine auf dem Holo-
gramm deutlich sichtbar erscheinen.

Im Rahmen der Erfindung ist es ebenso möglich, den
Ausgangsort zu speichern und in Kombination mit ei-
nem zusätzlichen Navigationssystem einem beobachte-
ten Geländeabschnitt die Verlegeorte so zuzuordnen, 30
daß die Kombinationen in einem Speicher leicht abruf-
bar sind und für eine Weiterbehandlung des Minenkör-
pers jederzeit abgerufen werden können. Zur Änderung
des Abbildes der Erdoberfläche, was durch Einbringen
von mechanischen Störungen, d.h. harmonische Schwin- 35
gung oder Impuls, erfolgt, wodurch das Abbild der Erd-
oberfläche vom ersten zum zweiten Bild auf der Foto-
platte sich um die Wellenausbreitungsbewegung verän-
dert, bedarf es nicht ausschließlich der Herstellung von
zwei Interferenzbildern bzw. zweier auslösender Laser- 40
impulse. Hinreichend deutliche Meßergebnisse werden
auch erhalten, wenn der Erdboden ohne Unterbrechung
(für die erste Messung) mit Schwingungen beaufschlagt
wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Identifikation bzw. Sichtbarmachung von Erdoberflächen nach verlegten Landminen und der Erdoberflächenkontur, dadurch gekennzeichnet, daß ein laserinterferometrisches Hologramm fototechnisch oder mittels einer Datenverarbeitung aufgezeichnet und/oder gespeichert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Hologrammspeichermedium taktweise belichtet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine Echtzeitbeobachtung des Hologrammobjektes ermöglichende Taktfrequenz.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Erdboden extern zu mechanischen Schwingungen angeregt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch harmonische oder Kurzzeit-Schwingungen, die durch einen mechanischen Impuls bzw. eine Impulsfolge ausgelöst werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

gekennzeichnet durch die Verwendung eines leistungsstarken Pulsasers, vorzugsweise eines Rubin- oder NdYAG-Lasers.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder zwei Interferenzbilder hergestellt werden, wobei bei der Herstellung nur eines Interferenzbildes der Erdboden ohne Unterbrechung (für die erste Messung) mit Schwingungen beaufschlagt wird.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die aus einem Laser (101), einem Strahlteiler (102) und mindestens einem Spiegel (103) bestehende laserinterferometrische Anordnung eine Aufweitungslinse (12) im zum Meßobjekt (18, 19) führenden Strahlengang (15) und ein Hologrammspeichermedium (13) aufweist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser (101) ein Pulsaser ist und der Referenzstrahlweg (17) durch eine entsprechend große Zahl von Spiegeln (103) gleich dem Meßstrahlweg (15) bzw. den Laserimpulslaufzeiten ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch einen Rubin- oder NdYAG-Laser (101).

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich ein mit dem Erdboden (19) kontaktierbarer Impulsgeber (14) vorgesehen ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Hologrammspeichermedium (13) einen grafikfähigen Mikrocomputer mit Plotter aufweist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein an den Mikrocomputer angeschlossener Geschwindigkeitsmesser vorgesehen und die Vorrichtung mobil ausgestaltet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

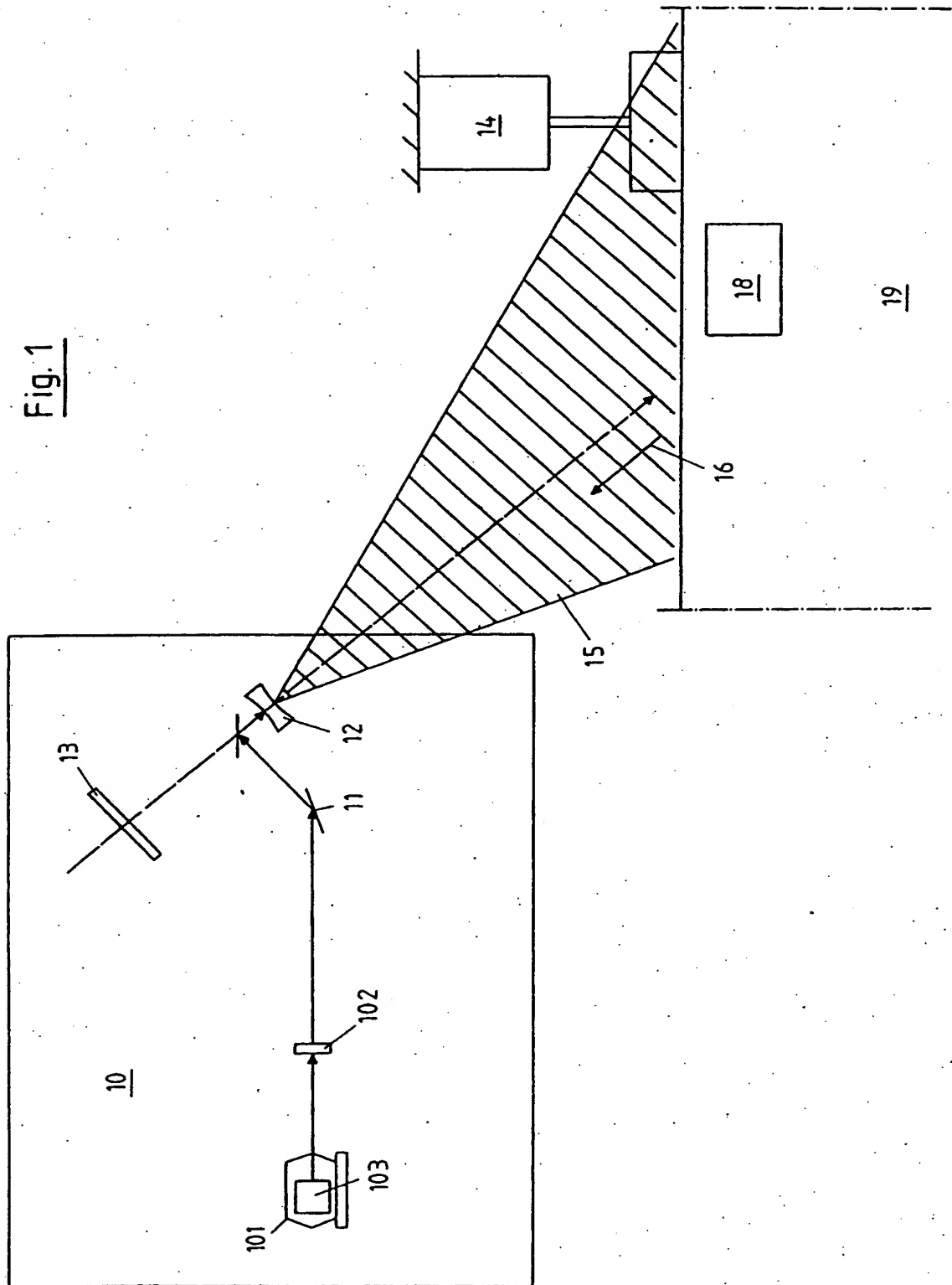


Fig. 2

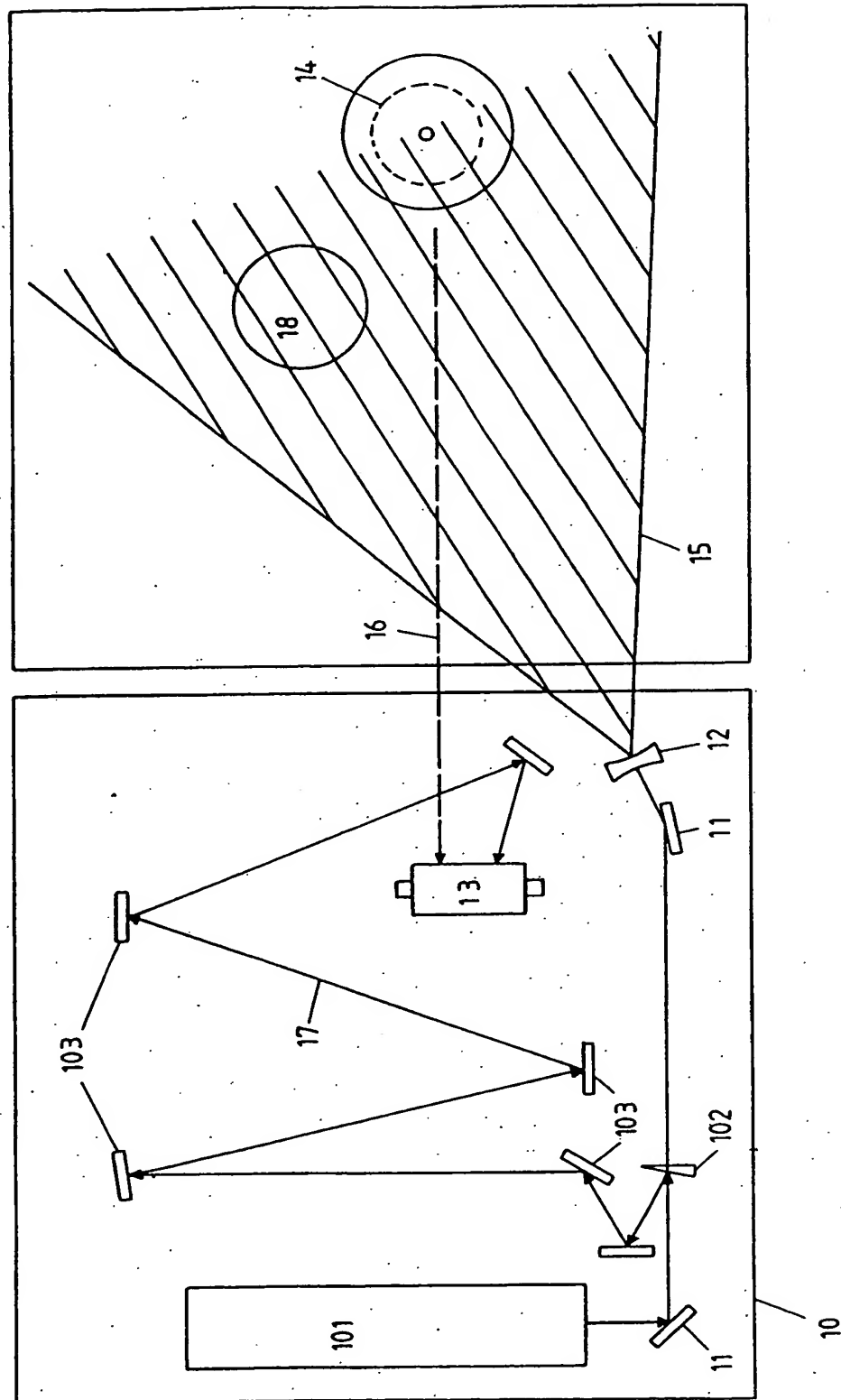


Fig. 4

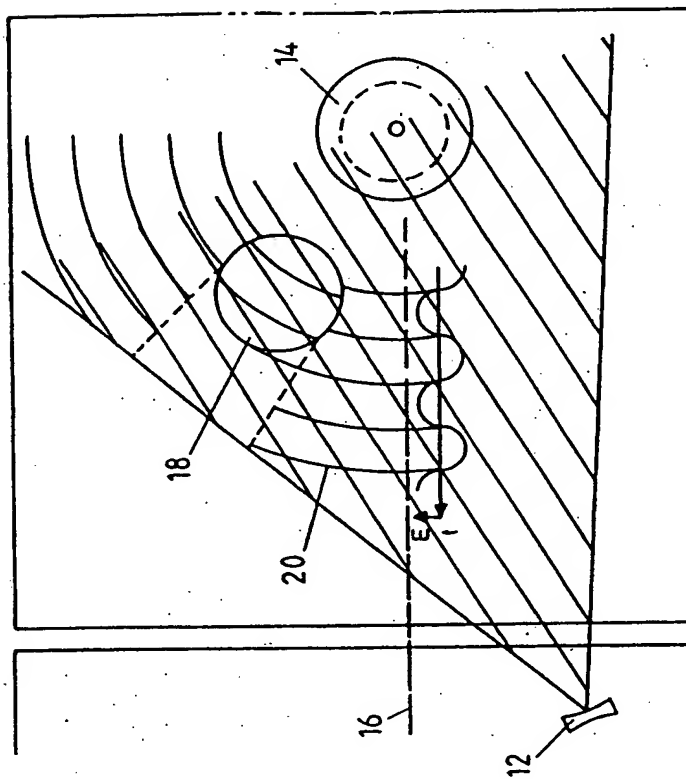


Fig. 3

